

A topographic map showing contour lines, settlements, and a river. The map features brown contour lines indicating elevation, with labels such as 196.9, 179.2, 175.5, 175, 185, 181.2, 173.2, 178.0, 164.1, and 160. Settlements are marked with yellow squares and labeled: Островчицы (24), Ораны (4), and Пни (6). A river, labeled Островчица, flows through the area. Other features include a road, a railway line, and various symbols for buildings and infrastructure. The text "Тема 3. Топографические карты и планы." is overlaid in red on the map.

Тема 3. Топографические карты и планы.

Топографическим планом называется уменьшенное подобное изображение горизонтальной проекции небольшого участка местности (без учета кривизны Земли).

Топографической картой называют уменьшенное и обобщённое изображение на плоскости всей земной поверхности или значительных её частей.

Топографические карты в Беларуси издают в поперечной цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера – равноугольной проекции, в которой прямыми линиями без искажений изображаются осевой меридиан зоны и экватор.

Профилем линии называют уменьшенное изображение на плоскости вертикального разреза местности.

План – вид сверху, а **профиль** – сбоку.

Карта, план, профиль – это топографические материалы, основной характеристикой которых является масштабы.

В условиях применения компьютерных технологий, наряду с изображениями местности на бумажных носителях – картами и планами, используются их цифровые аналоги.

Цифровой моделью местности (ЦММ) называется представленное в виде цифровых кодов и хранимое на магнитных носителях логико-математическое описание местности, адекватное по содержанию плану местности.

Цифровой картой называют цифровую модель значительного участка земной поверхности, сформированную с учётом генерализации изображаемых объектов и принятой картографической проекции.

Электронной картой называется изображение местности на экране дисплея, полученное на основе цифровой карты.

Масштабы и их виды.

В геодезии используются следующие виды масштабов:

- численный***
- линейный***
- поперечный***

Масштабом называется отношение длины отрезка на плане к длине горизонтальной проекции соответствующего отрезка местности.

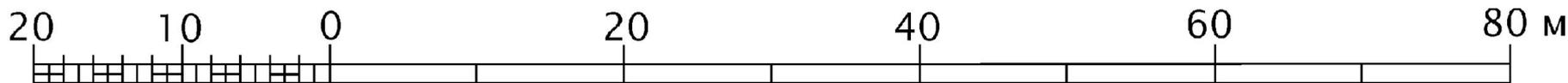
Численный масштаб записывают в виде дроби с числителем, равным единице, и знаменателем, показывающим, во сколько раз уменьшены на плане длины линий.

Масштабы планов	Масштабы карт
	<i>Крупномасштабные:</i>
1:200	1:10 000
1:500	1:25 000
	1:50 000
	1:100 000
1:1 000	<i>Среднемасштабные:</i>
1:2 000	1:200 000
1:5 000	1:500 000
	<i>Мелкомасштабные:</i>
	1:1 000 000
	1:10 000 000

Самое маленькое расстояние, которое можно увидеть глазом 0,2 мм. или точку 0,1 мм., поэтому отрезок в натуре, соответствующий 0,1 мм. на карте (плане) указывает на точность масштаба:

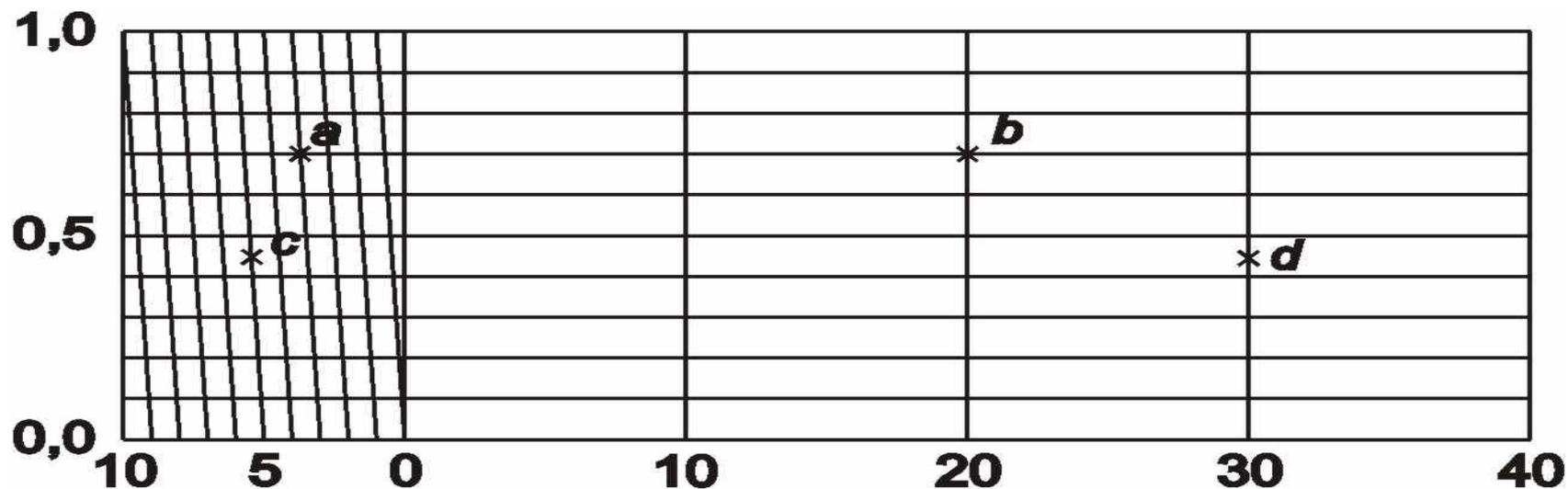
$$t = 0,1\text{мм} \times M$$

Для измерения расстояний на плане, под его нижней рамкой, помещают **линейный** масштаб, на котором несколько раз отложено одно и то же расстояние, называемое **основанием масштаба** и равное обычно 2 см. Крайнее левое основание делят на более мелкие отрезки. Деления линейного масштаба оцифровывают в метрах.



1:1 000

Измерения расстояний выполняются с применением **поперечного** масштаба. На металлической линейке через m интервалов выгравированы параллельные линии - горизонтали (обычно $m = 10$). К ним восставлены перпендикуляры - вертикали, расстояние между которыми называют основанием масштаба δ (обычно $\delta = 2$ см).



Оцифровка на рисунке соответствует масштабу 1:500.

Отрезок ab имеет длину $20+3+0,7=23,7$ м.

cd имеет длину $30+5+0,45=35,45$ м.

Крайнее левое основание разделено на n частей и через полученные точки проведено n наклонных линий - **трансверсалей** (обычно $n = 10$ или 5). Длины отрезков, параллельных основанию, на поперечном масштабе равны: между соседними вертикалями - δ , между соседними трансверсальями - δ/n .

Длины отрезков между вертикалью и исходящей из той же точки трансверсалью изменяются в пределах от 0 до δ/n . Наименьшее деление поперечного масштаба, определяющее его точность, равно $\delta/(m \times n)$.

Для удобства пользования поперечным масштабом деления основания и горизонтали оцифровывают в соответствии с масштабом плана.

Разграфка и номенклатура карт.

Разграфка – система деления карт от более малого масштаба на более крупный.

Номенклатура – система обозначений разграфки карт, в основу которой положена карта масштаба 1:1 000 000.

Множество листов такой карты по направлению параллелей образует ряды шириной по 4° , а по направлению меридианов – колонны шириной по 6° . Ряды обозначают заглавными буквами латинского алфавита *A, B, C, D, ...*, начиная от экватора по направлениям к северу и югу. Колонны нумеруют арабскими цифрами 1, 2, ... , 60, начиная от меридиана 180° в направлении с запада на восток.

Обозначение ряда	Границы ряда по широте	Обозначение ряда	Границы ряда по широте	Обозначение ряда	Границы ряда по широте
A	0° – 4°	I	32° – 36°	Q	64° – 68°
B	4 – 8	J	36 – 40	R	68 – 72
C	8 – 12	K	40 – 44	S	72 – 76
D	12 – 16	L	44 – 48	T	76 – 80
E	16 – 20	M	48 – 52	U	80 – 84
F	20 – 24	N	52 – 56	Y	84 – 88
G	24 – 28	O	56 – 60	Z	88 – 90
H	16 – 20	P	60 – 64		

a

M-37

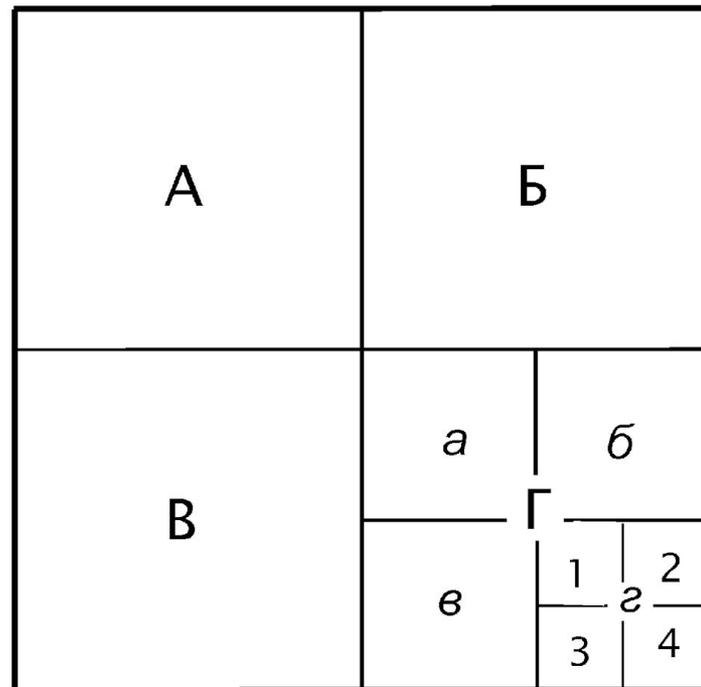
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13											24
25											36
37											48
49											60
61											72
73											84
85		87									96
97											108
109											120
121											132
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

87

M-37-87

б

M-37-87



Масштаб	Номенклатура (последнего листа карты)	Число листов карты	Размеры листа по	
			широте	долготе
1:1000000	<i>M-37</i>	–	4°	6°
1:100000	<i>M-37-144</i>	12×12=144	20′	30′
1:50000	<i>M-37-144-Г</i>	2×2=4	10′	15′
1:25000	<i>M-37-144-Г-е</i>	2×2=4	5′	7′30″
1:10000	<i>M-37-144-Г-е-4</i>	2×2=4	2′30″	3′45″

Условные знаки.

На планах и картах объекты местности изображают условными знаками.

Различают условные топографические знаки:

- масштабные*** – изображают объекты, форма и размеры которых могут быть переданы в масштабе плана (карты);
- линейные*** – изображают объекты, длина которых выражается в масштабе плана (карты), а ширина не выражается;

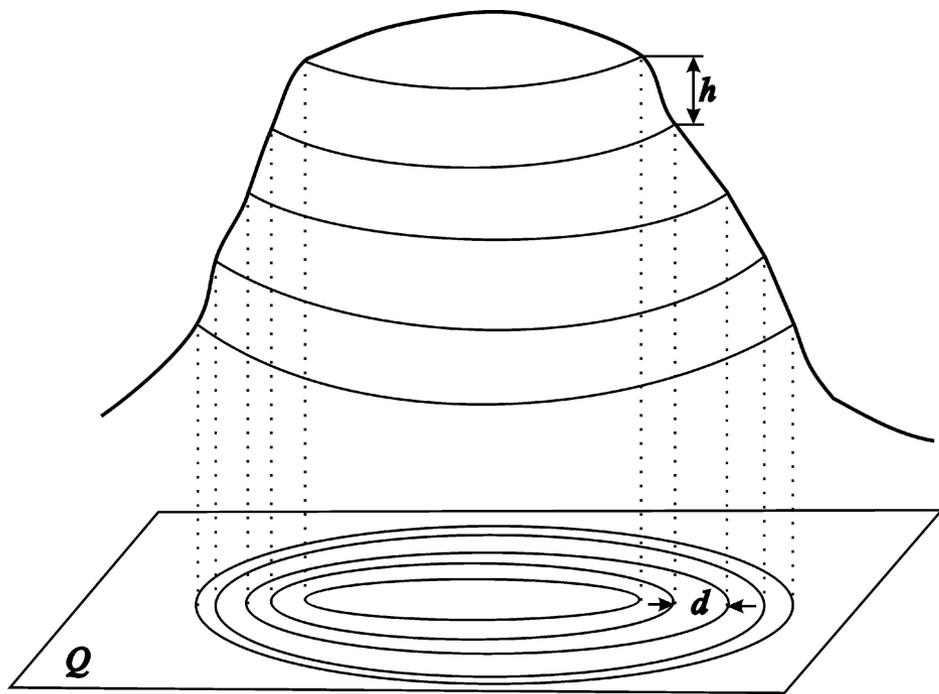
- **внемасштабные** – изображают объекты, которые необходимо нанести на план (карты), но невозможно изобразить в масштабе;
- **пояснительные** – для отражения характеристик изображаемых объектов многие условные знаки сопровождаются пояснительными подписями;
- **специальные** – изображают объекты, форма и размеры которых скрыты под поверхностью земли (подземные коммуникации).

Кроме этого на картах (планах) для изображения объектов используют цвета. *Например*, лесные массивы и сады – зелёный, здания и строения – коричневый, гидрография – синий и т.д.

Рельеф местности и его изображение на картах (планах).

Рельефом местности называется совокупность неровностей земной поверхности.

На картах и планах рельеф изображают с помощью **горизонталей**, **высотных отметок** и **условных знаков**.



Горизонтали – линии соединяющие точки с одинаковой высотой. Иными словами, **горизонтали** – это линии равных высот. Горизонтали, подобно другим точкам местности, проецируют на уровенную поверхность Q и наносят на план.

Разность h высот смежных горизонталей, равная расстоянию между секущими поверхностями, называется **высотой сечения рельефа**.

Горизонтальное расстояние d между соседними горизонталями называется **заложением**.

Минимальным в данном месте является заложение, перпендикулярное к горизонталям, – **заложение ската**.

Угол наклона местности к горизонту называется **крутизной ската** (v).

Отношение высоты сечения рельефа к горизонтальному проложению называется **уклоном**:

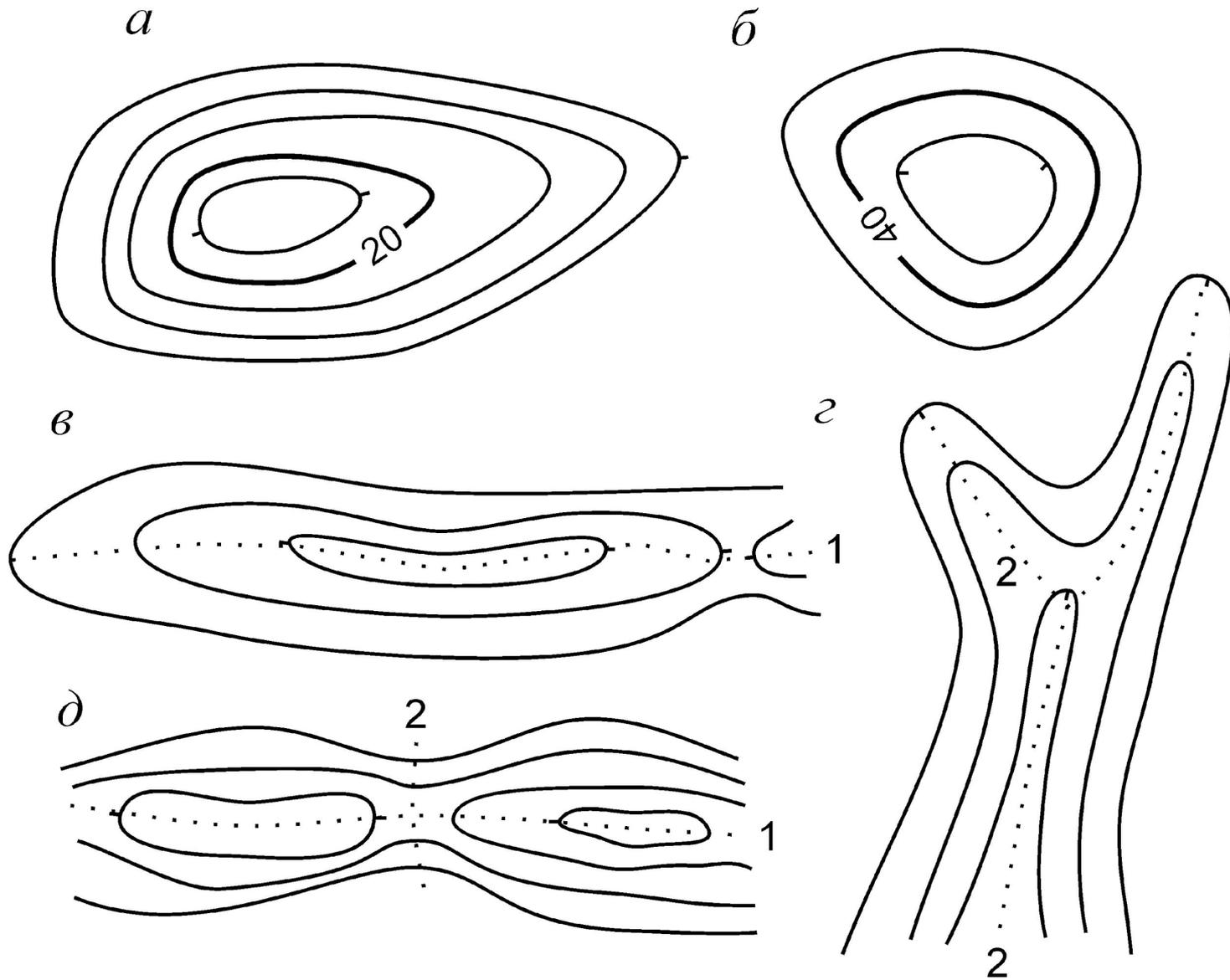
$$i = h/d = \operatorname{tg} v$$

Направление ската указывают **бергштрихами** – короткими штрихами у некоторых горизонталей, направленными в сторону спуска. На отдельных горизонталях в их разрывах пишут их высоту так, чтобы верх цифр указывал в сторону подъёма.

Горизонтали с круглыми значениями высот делают утолщёнными, а для отражения деталей рельефа используют **полугоризонтали** – штриховые линии, соответствующие половине высоты сечения рельефа, а также **вспомогательные горизонтали** с короткими штрихами, проводимые на произвольной высоте.

Изображение рельефа горизонталями дополняется вписыванием на план отметок высот около характерных точек рельефа и специальными условными знаками, изображающими обрывы, скалы, овраги и т. п.

Основными формами рельефа являются:



а) **гора** (возвышенность, холм, курган, сопка) изображается замкнутыми горизонталями с бергштрихами, обращёнными наружу. Характерными точками горы являются её вершина и точки у подошвы;

б) **котловина** (впадина) тоже изображается замкнутыми горизонталями, но с бергштрихами, обращёнными внутрь. Характерными точками котловины являются точки на её дне и вдоль бровки.

в) **хребет** – вытянутая возвышенность. Изображается огибающими гребень хребта и идущими по его скатам вытянутыми горизонталями. Бергштрихи, как и у горы, обращены наружу. Характерной линией хребта является проходящая вдоль его гребня **водораздельная линия**.

г) **лощина** (долина, ущелье, овраг, балка) – вытянутое в одном направлении углубление. Изображается вытянутыми, горизонталями с бергштрихами, обращёнными внутрь. Характерной линией лощины является **водосборная линия** (талweg) – линия, по которой собирается вода.

д) **седловина** (перевал) – понижение между двумя возвышенностями. По обе стороны к седловине примыкают лощины. Седловина – это место пересечения водораздельной и водосборной линий.

Основные свойства горизонталей:

- 1) высота горизонтали кратна высоте сечения рельефа;
- 2) горизонтали не пересекаются, не раздваиваются и не разрываются;
- 3) чем чаще идут горизонтали, тем круче будет местность;
- 4) водораздельные линии или линии наибольшего ската пересекают горизонтали под прямым углом.

Построение горизонталей по высотам точек.

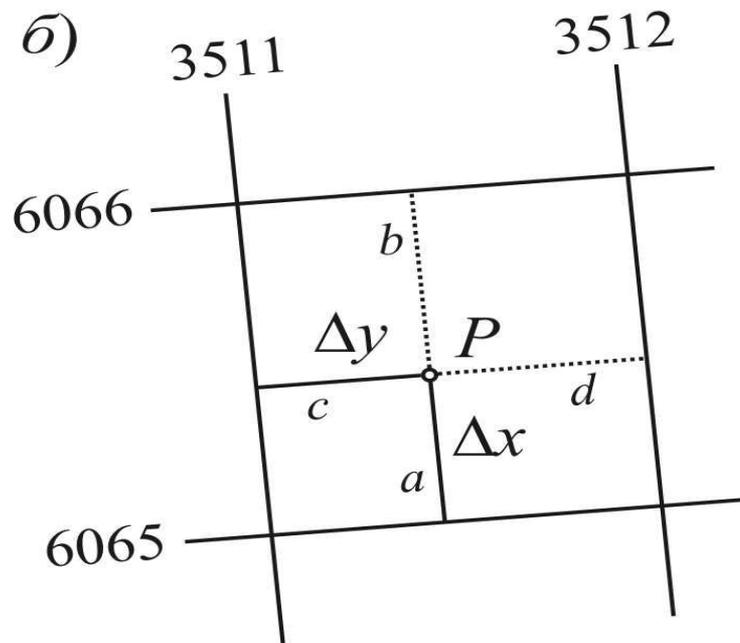
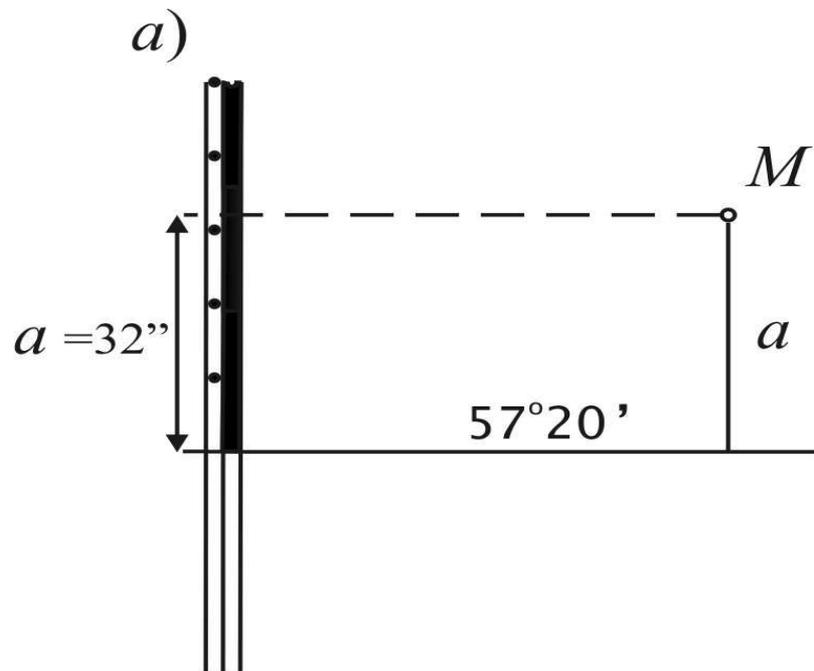
Эта задача называется **интерполированием** по высотам точек. Существует два способа интерполирования горизонталей:

- 1) аналитический (с помощью расчетов);
- 2) графический (с помощью кальки).

Решение инженерных задач по картам.

По карте (плану) решают следующие инженерные задачи:

1. Определение координат точек.



Для определения географических координат служит минутная рамка карты (рис. а)).

Прямоугольные координаты определяют, пользуясь километровой сеткой, линии которой параллельны координатным осям X и Y (рис. б)).

2. Определение углов ориентирования.

Дирекционный угол направления отрезка на карте измеряют транспортиром как угол, отсчитываемый по направлению часовой стрелки от северного направления линии километровой сетки до направления отрезка. При необходимости перед измерением отрезок удлиняют до пересечения с линией сетки. Затем вычисляют азимут: $A = \alpha + \gamma$, где γ – сближение меридианов. Магнитный азимут направления вычисляют по формуле $A_M = A - \delta$, где δ склонение магнитной стрелки.

3. Определение высот точек.

Высота точки, лежащей на горизонтали, равна высоте горизонтали.

Высота точки M , расположенной между двумя горизонталями определяется по формуле

$$H_M = H_{\tilde{a}} + h \frac{b}{a}$$

где H_r – высота

меньшей горизонтали, h –

высота сечения рельефа,

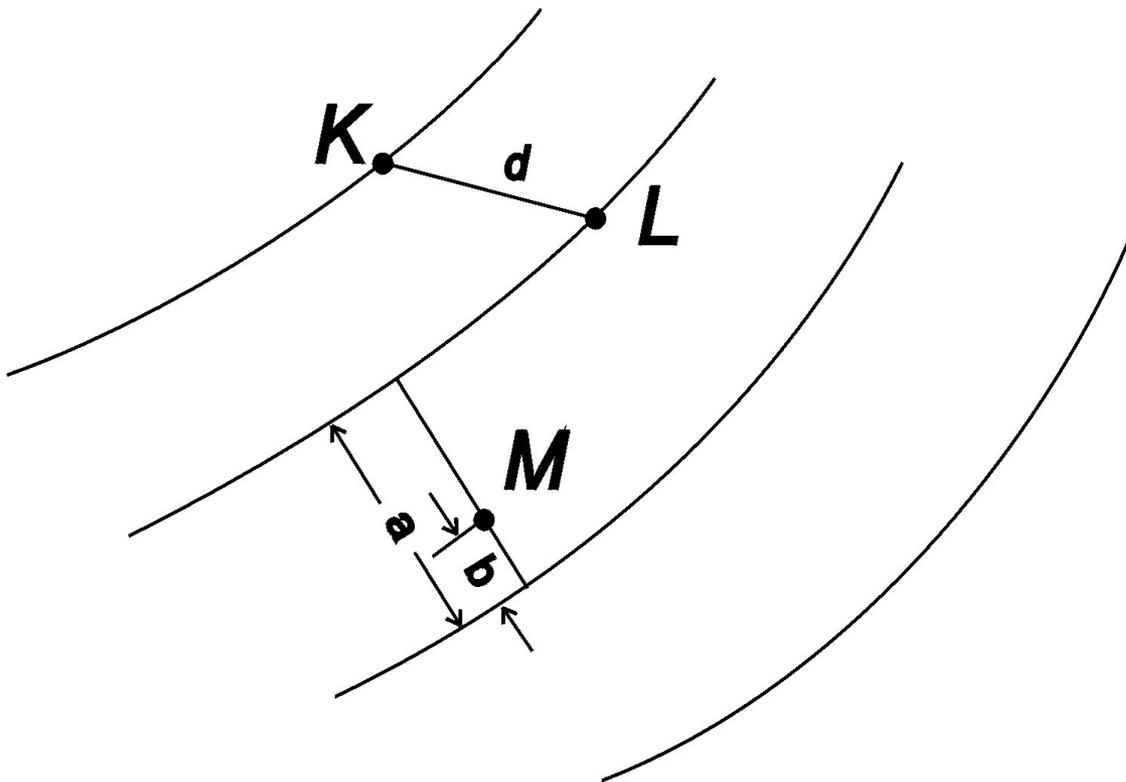
а отрезки a и b –

заложение ската и

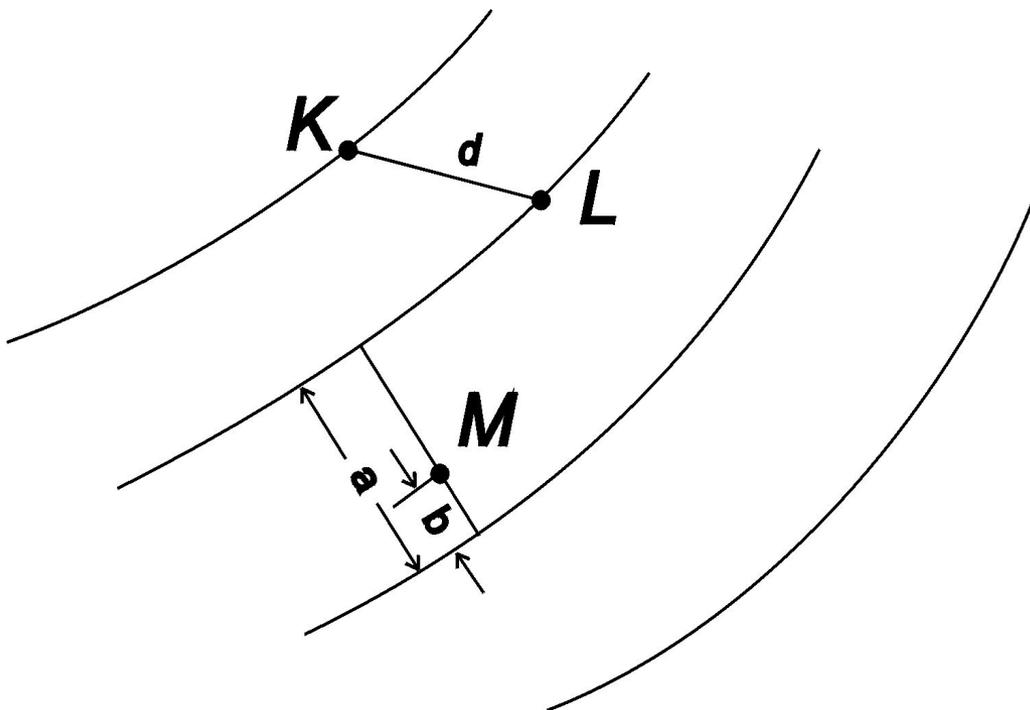
расстояние от точки до

горизонтали, измеряемые

по карте линейкой.



4. Определение уклонов и углов наклона.



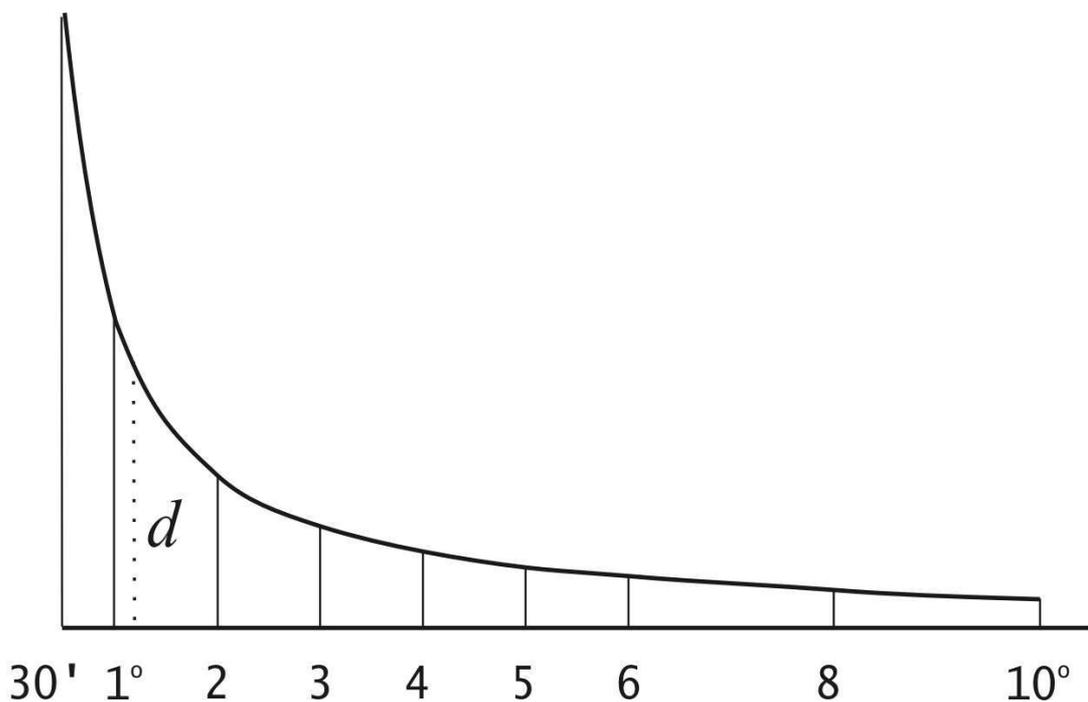
Для определения по карте уклона линии на участке KL между двумя горизонталями измеряют его горизонтальное проложение – заложение d .

Поскольку концы отрезка лежат на смежных горизонталях, превышение h между ними равно высоте сечения рельефа. Вычисляют уклон, который принято выражать в тысячных. Если, например, $h=1$ м, $d=48$ м, то уклон равен $i=1 \text{ м} / 48 \text{ м} = 0,021=21\text{‰}$

При пользовании картой углы наклона не вычисляют, а определяют с помощью графика заложений. По горизонтальной оси графика отложены углы наклона, а по вертикальной – соответствующие этим углам заложения d , выраженные в масштабе карты и рассчитанные по формуле:

$$d = h / (M \times \operatorname{tg} v),$$

где h - высота сечения рельефа, а M – знаменатель масштаба карты.

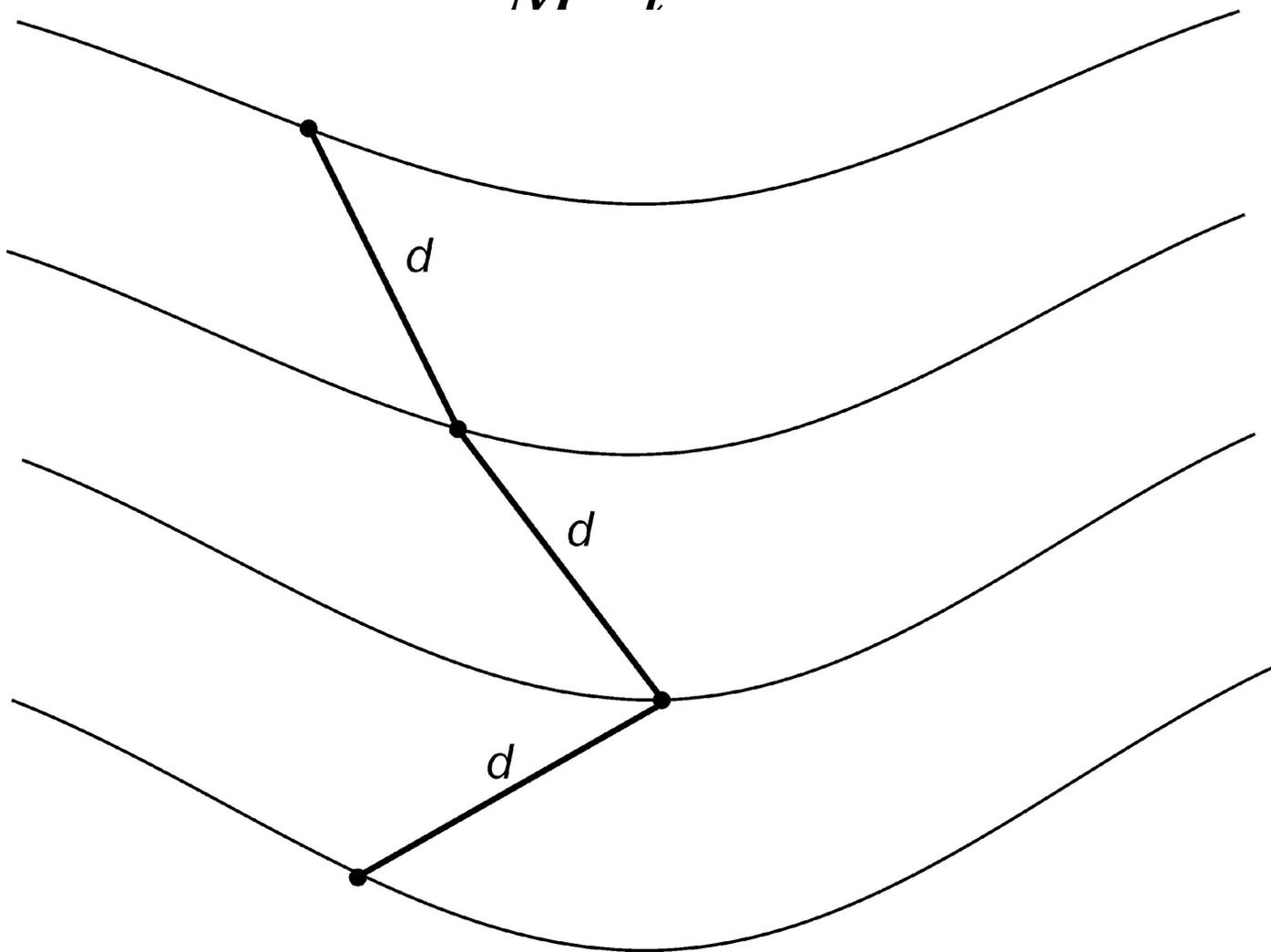


Для определения угла наклона отрезка KL , расположенного между горизонталями, берут его в раствор циркуля и на графике заложений находят такой угол, над которым ордината равна раствору циркуля d . Это и есть искомый угол наклона.

5. Проведение линии с уклоном, не превышающим заданного предельного.

Необходимость решения такой задачи возникает, например, при выборе трассы для будущей дороги. Вычисляют соответствующее заданному предельному уклону $i_{пр}$ заложение, выраженное в масштабе карты:

$$d = \frac{h}{M \cdot i}$$



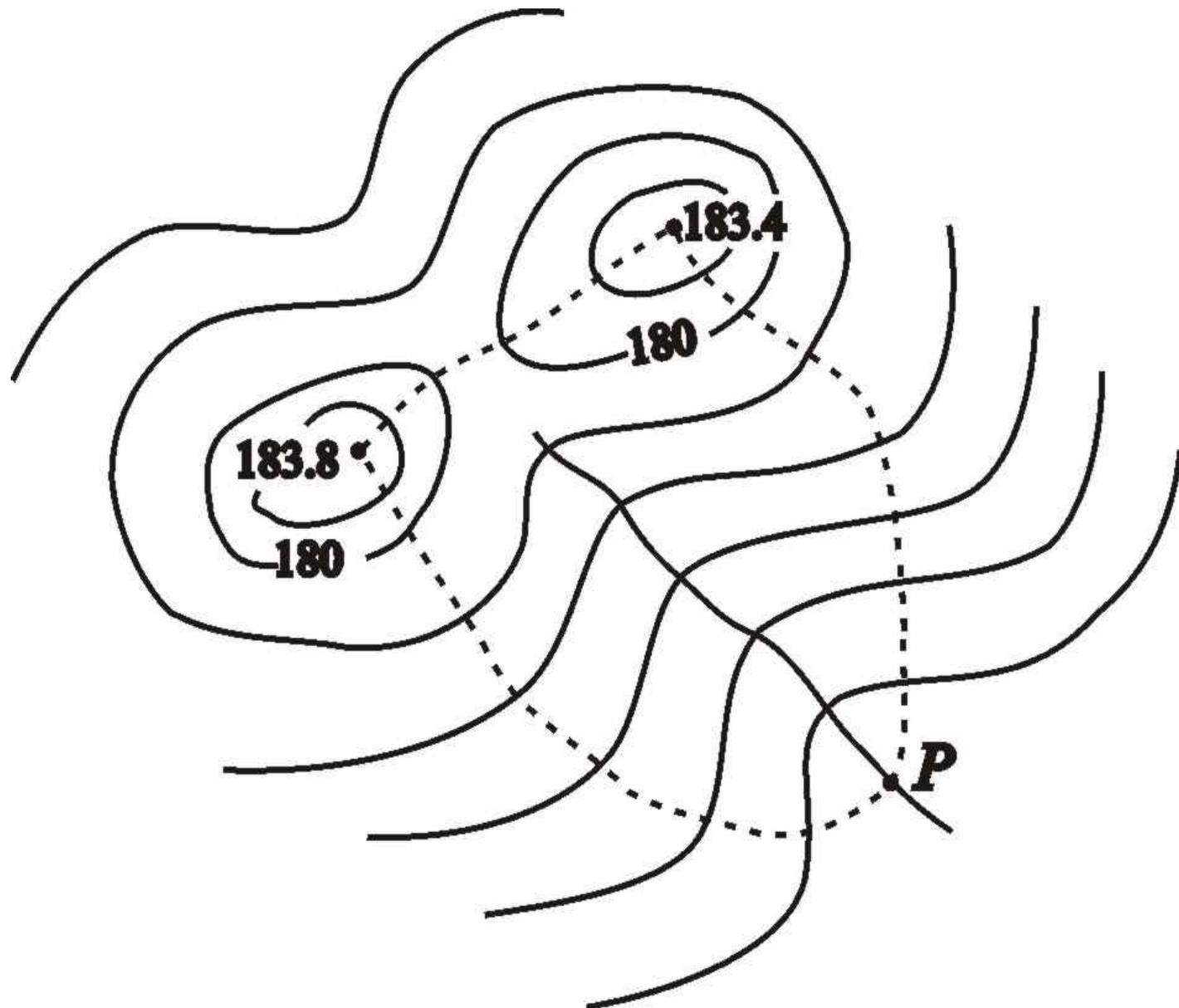
6. Построение профиля.

Для построения профиля по линии, проведенной на карте, определяют высоты точек в местах её пересечения с горизонталями, водораздельными и водосборными линиями. Измеряют горизонтальные расстояния до них от начальной точки линии. При построении профиля по горизонтальной оси откладывают расстояния, а по вертикальной – высоты. Для наглядности вертикальный масштаб принимают крупнее горизонтального (в 10, а то и в 50 раз).

7. Определение границ водосборной площади (бассейна).

Водосборной называют площадь, с которой дождевые и талые воды поступают в данное русло. Определение водосборной площади необходимо, например, при проектировании дороги для расчёта отверстия трубы или моста.

Для определения границ водосборной площади на карте проводят водораздельные линии, а затем от проектируемого сооружения к водораздельным линиям проводят линии наибольшего ската, перпендикулярные горизонталям.



8. Определение площадей по картам и планам.

Для определения площади существуют три способа:

1) аналитический;

2) графический;

3) механический.

Аналитический способ.

Если участок представляет собой замкнутый многоугольник, то, сняв с плана прямоугольные координаты его вершин, площадь участка вычисляют по формуле:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$$

где i - номера вершин многоугольника, пронумерованных по ходу часовой стрелки.

Графический способ.

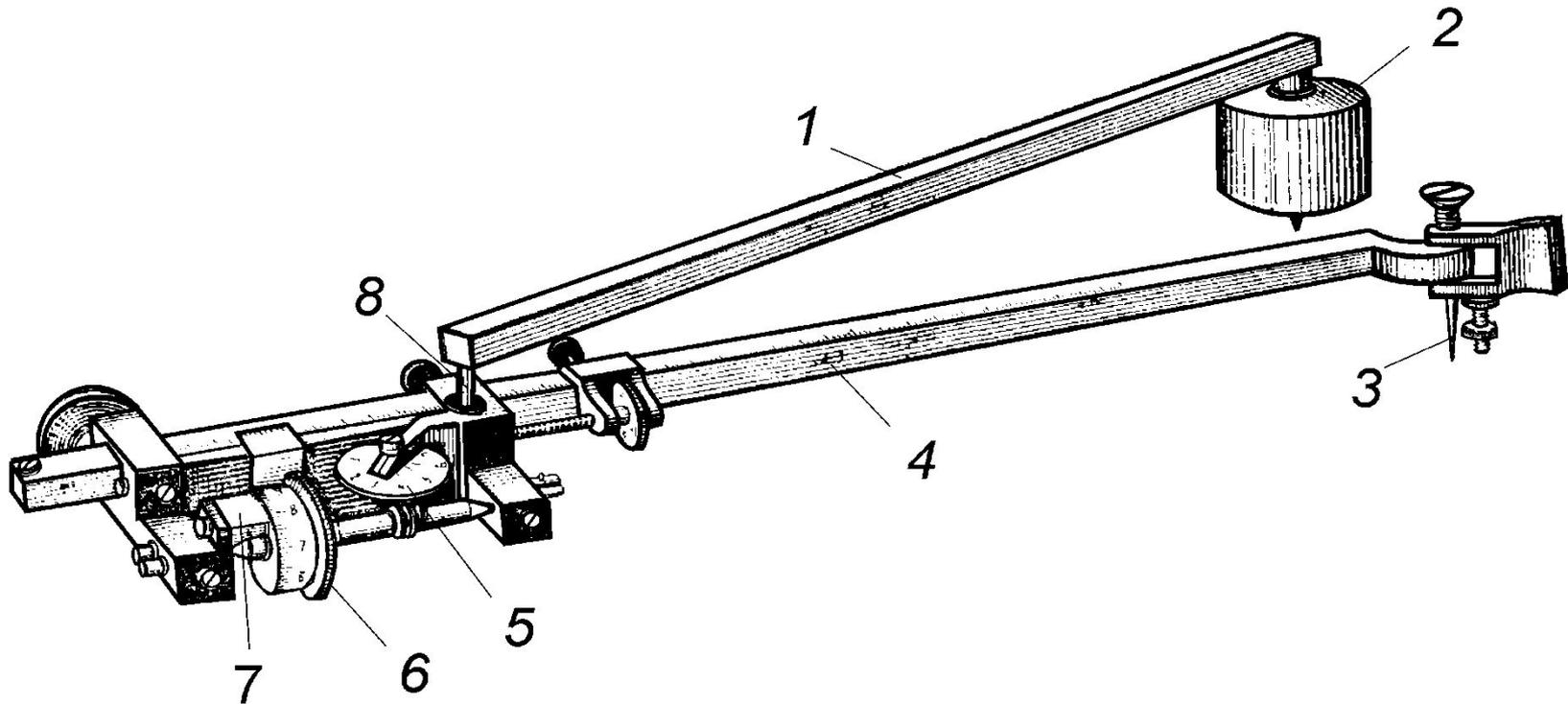
Участок на плане разбивают на простые геометрические фигуры, применяя палетки. Палетка – лист прозрачного материала (калька), на который нанесена сетка квадратов размером 5×5 мм или 10×10 мм. Наложив палетку с квадратами на план, подсчитывают число квадратов, уместившихся в измеряемой площади, оценивая дробные части квадратов на краях участка на глаз. Результат подсчёта умножают на площадь одного квадрата.

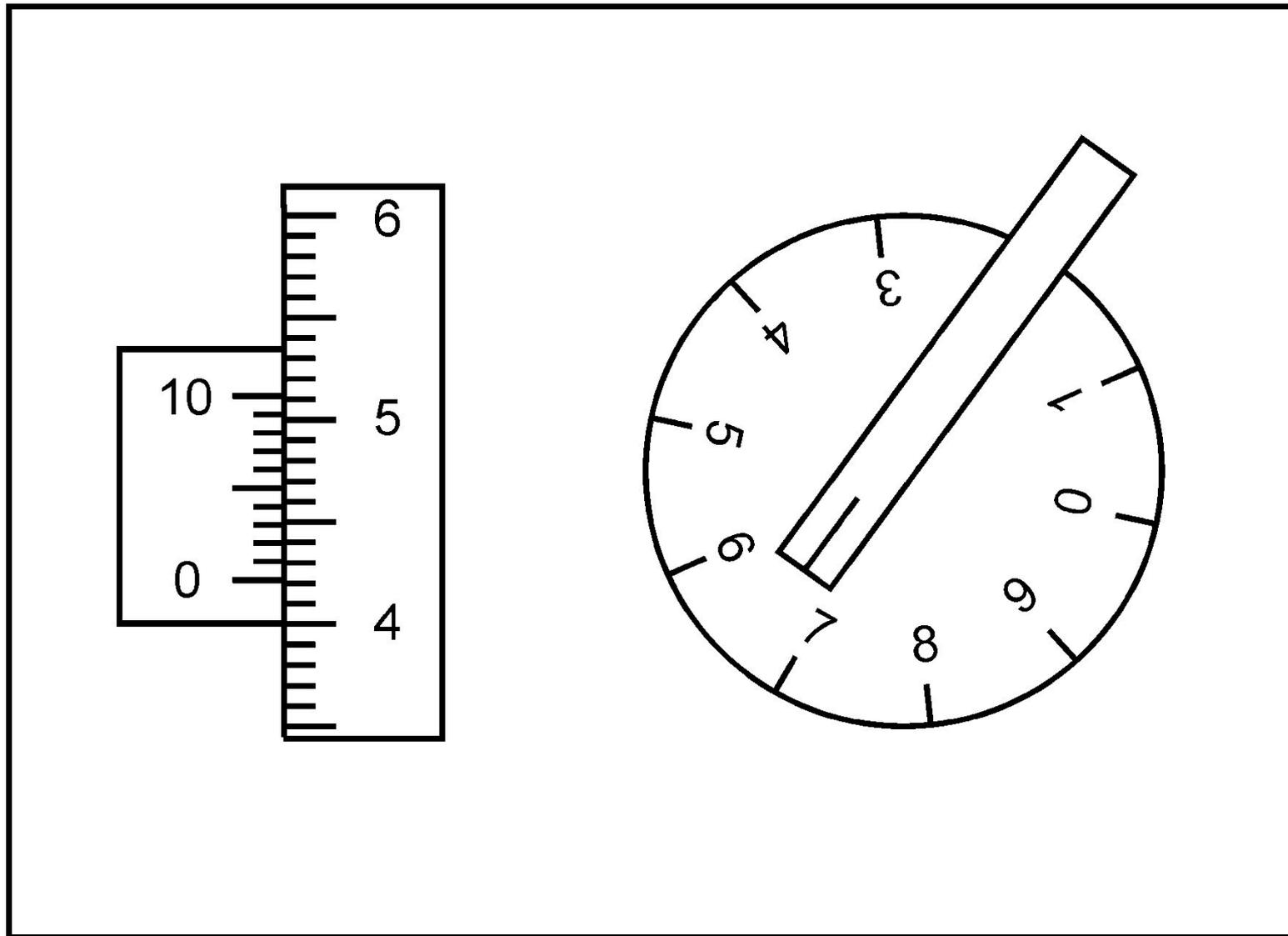
Точность определения площади с помощью палеток - $1/50$.

Механический способ.

В этом способе используют специальные приборы – планиметры.

Планиметрами называются приборы для измерения площадей.





Отсчет по планиметру: 6422

Цена деления планиметра C зависит от длины обводного рычага и регулируется перемещением по нему каретки с мерным колёсиком и счётным механизмом. Перед измерением площади определяют цену деления планиметра. При этом, расположив полюс в стороне, обводят фигуру, площадь P_0 которой известна (например, квадрат километровой сетки на карте) и вычисляют цену деления:

$$C = P_0 / (n_2 - n_1)$$

где n - отсчёты по планиметру: один n_1 - до обвода, другой n_2 - после.

Для измерения площади, обводят её контур, делая при этом два отсчёта по планиметру: один n_1 – до обвода, другой n_2 – после. Площадь вычисляют по формуле:

$$P = C \times (n_2 - n_1)$$